

المسانون المسعودى للبىرى

بمعلم
الدكتور ابراهيم محمد

أستاذ مساعد كلية العلوم - جامعة القاهرة

مقدمة

الذى لم يكف لحظة عن التفكير فى المسائل العلمية حتى وهو على فراش الموت . إذ يروى ياقوت عن النيسابورى^(١) أن قاضياً من أصحاب البيرونى قال :

« دخلت على أبى الريحان وهو يجود بنفسه وقد حشرج نفسه وضاق به صدره ، فقال لى فى تلك الحال : كيف قلت لى يوماً حساب الجدات الفاسدة ؟ فقلت له إشفافاً عليه : أفى تلك الحالة ؟ قال لى : يا هذا ، أودع الدنيا وأنا عالم بهذه المسألة ، ألا يكون خيراً من أن أخطئها وأنا جاهل بها ؟ فأعدت ذلك عليه ، وحفظه ، وعلمنى ما وعد ، وخرجت من عنده وأنا فى الطريق فسمعت الصراخ » .

وللبيرونى عدد كبير من المؤلفات يصل إلى مائة وثمانين كتاباً^(٢)، نشر هو بنفسه فهرساً بأسماء مائة وثلاثة منها وذلك فى مؤلفه «رسالة فى فهرس كتب

للرب نظريات مبتكرة لم يسبقهم إليها إنسان ، بعضها ظل مخلداً باسمهم على مر السنين والأعوام ، وبعضها اقتبس علماء الفرنجة بعد ذلك بعدة قرون فصار منسوباً إليهم دون أصحابه الشرعيين . ويرجع السبب فى هذا اللبس إلى العدد الهائل من المخطوطات العربية التى تحتاج إلى دراسة شاملة ومقارنة علمية بالنظريات الحديثة ، وندرة الخبراء العرب الذين تخصصوا فى هذا النوع من الدراسات . . . أما المستشرقون الأجانب ، فعذرهم عدم الإلمام الكافى باللغة العربية ، ناهيك عن اللغة العلمية والاصطلاحات الخاصة التى استخدمها علماء العرب فى القرون الوسطى - هذا بالإضافة إلى صعوبة قراءة المخطوطات العربية والأخطاء التى وقع فيها الناسخون القدماء ، وأكثرهم غير ذى دراية بما يقوم بنسخه .

وعلماء العرب الذين بزغت أسماؤهم فى القرون الوسطى ، وأدلوها بقسط وافر فى تقدم العلوم ، هم فى الحقيقة مجموعة ضخمة ، احتل منهم الكثيرون مراكز الصدارة ومن بينهم العالم الجليل أبو الريحان البيرونى ،

(١) انظر - إرشاد الأريب إلى معرفة الأديب المعروف بمعجم الأديباء أو طبقات الأديباء ، لياقوت الرومى ١٧ - ١٨٢ ، وأيضاً - البيرونى ومكائنه فى تاريخ العلم للدكتور جمال مرسى بدر - المجلد نوفمبر ١٩٥٨ .

(٢) Boilot, D.J., L'œuvre d'al-Beruni : Essai bibliographique, MIDEO, No. 2, 1955, Le Caire.

أبو الريحان البيروني

ولد أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني عام ٣٦٢ هـ (٩٧٣ م) في ضاحية كاث عاصمة خوارزم^(١) - نينغ في الرياضة والفلك ، ويعتبر جغرافياً ومؤرخاً ولغوياً وفيلسوفاً حتى أنه أطلق عليه لقب الأستاذ . بقي في وطنه حتى بلغ الخامسة والعشرين حيث تدرّب عملياً على يد أستاذه أبي نصر منصور بن علي بن عراق كما اتصل بابن سينا ، ونشر في تلك الفترة أيضاً أوائل مؤلفاته . ثم رحل إلى جرجان حوالي ٣٨٨ هـ (٩٩٨ م) حيث التحق ببلاط السلطان أبو الحسن قابوس بن وشمجير شمس المعالي وهناك نشر أول مؤلفاته الكبرى عن التقاويم والتواريخ ومسائل في الفلك والرياضة وهو « الآثار الباقية عن القرون الخالية » . ولما عاد إلى وطنه بعد عشر سنوات ، استقبله الأمير أبو الحسن علي بن مأمون حيث ألحقه بحاشية أخيه أبي العباس مأمون بن مأمون خوارزم مشاه الذي عهد إليه ببعض المهام السياسية الدقيقة بسبب طلاقة لسانه وقدرته على الإقناع .

وفي عام ٤٠٧ هـ (١٠١٧ م) سقطت الإمارة في يد السلطان الغزنوي محمود بن سبستكين ، الذي أخذ البيروني وطائفة من العلماء والحكماء إلى غزنة في سبستان ، وألحقه بالبلاط ثم اصطحبه في غزواته شمال غربى الهند حيث قام بنشر علوم الحضارة الإغريقية ، وفي نفس الوقت درس العلوم الهندية ونشر ذلك في ثلثي مؤلفاته الكبرى « طريق الهند » عام ٤٢١ هـ (١٠٣٠ م) بعد عودته إلى غزنة ، كما كتب مؤلفين رئيسيين آخرين هما « القانون المسعودي » ، « التفهيم لأوائل صناعة التنجيم » .

وتاريخ وفاة البيروني موضع مناقشة ، ولكن

(١) في منطقة دلتا نهر أموداريا على الشواطئ الجنوبية لبحيرة الآرال .

محمد بن زكريا الرازي^(١) « الذي نشره ماكس كراوزه عام ١٩٣٦ ، بالإضافة إلى مؤلفاته اللاحقة التي أتمها بعد أن كتب فهرسه ، ونشر بعضها وهو على قيد الحياة ، والبعض الآخر نشره بعد وفاته عدد من العلماء منهم أبو نصر^(٢) وأبو سهل^(٣) والجيلي^(٤) .

وأهم مؤلفات البيروني في علم الفلك كتابه « القانون المسعودي في الحياة والنجوم » الذي كتبه عام ٤٢١ هـ (١٠٣٠ م) وأطلق عليه هذا الاسم نسبة إلى السلطان الغزنوي مسعود بن محمود^(٥) - ويقول ياقوت أن مسعود أهدى المؤلف حمل فيل من القطع الفضية مكافأة له على هذا العمل ، لكن البيروني رفض الهدية - والكتاب يعتبر موسوعة فلكية نادرة ، تناول فيه بالتفصيل كل ما يتعلق بعلم الفلك سواء في ذلك المبادئ الأساسية ، وأبحاثه ونظرياته مقارنة بأبحاث السابقين والمعاصرين له .

وقبل أن نتناول بالدراسة والتحليل أعمال البيروني في عالم الفلك ، يجدر بنا أن نلقى نظرة سريعة على تاريخ حياته^(٦) .

(١) أبو بكر محمد بن زكريا الرازي ولد في الري قرب طهران في منتصف القرن الثالث الهجري وتوفي عام ٣١٠ هـ (٩٢٣ م) .

(٢) أبو نصر منصور بن علي بن عراق - أستاذ البيروني وأحد ثلاثة ينسب إليهم اكتشاف قانون الجيوب للمثلثات الكروية .

(٣) أبو سهل عيسى بن يحيى المسيحي - أستاذ ابن سينا - توفي في أوائل القرن الخامس الهجري .

(٤) أبو علي الحسن بن علي الجيلي - معاصر البيروني .

(٥) ابن السلطان الغزنوي محمود بن سبستكين الذي استولى على خوارزم عام ٤٠٧ هـ (١٠١٧ م) .

(٦) انظر تاريخ حياة البيروني مفصلاً في :

البيروني ومكانته في تاريخ العلم للدكتور جمال مرسى بدر - المجلة نوفمبر ١٩٥٨ .

استخراج الأوتار في الدائرة للدكتور أحمد سعيد الدمرداش - تراث الإنسانية ، المجلد الثاني ص ١٥٤ .

تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن - تحقيق الدكتور بولجاكوف ، مجلة معهد المخطوطات العربية ١٩٦٣ .

المقالة الثالثة من القانون المسعودي - تحقيق الكاتب - المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية (تحت الطبع) .

الاعتقاد السائد حالياً أن ذلك كان بعد عام ٤٤١ هـ (١٠٥٠ م) (١).

القانون المسعودي

ثالث المؤلفات الكبرى للبيروني ، كتبه عام ٤٢١ هـ (١٠٣٠ م) ووصلت إلينا منه سبع نسخ مخطوطة موزعة في عدة دول (٢):

أقدمها التي توجد بمكتبة بادلين بأكسفورد منسوخة عام ٤٧٥ م (١٠٨٢ م) ، ثم النسخة الموجودة في فرنسا بالمكتبة الأهلية في باريس وقد نسخت عام ٥٠١ هـ (١١٠٨ م) ، والنسختان الثالثة والرابعة موجودتان في تركيا إحداها بمكتبة الملة بأستانبول وقد كتبت عام ٥٣١ هـ (١١٣٦ م) والثانية بمكتبة بايزيد بأستانبول وتاريخها قبل سنة ٥٣٦ هـ (١١٤١ م) ، ونسخة في ألمانيا بمكتبة جامعة توبنجن في برلين وهذه نسخت قبل سنة ٥٦٢ هـ (١١٦٦ م) ، وأخرى في إنجلترا بالمتحف البريطاني في لندن نسخت عام ٥٧٠ هـ (١١٧٤ م) . أما في مصر فهناك نسخة بدار الكتب في القاهرة كتبت عام ٦٧٣ هـ (١٢٧٤ م) .

وقد قامت دائرة المعارف العثمانية في الهند بمجهود ضخم في سبيل طبع هذا الكتاب النفيس الذي « لم يصنف في فنه مثله وقد بقي في عالم الخفاء لم يطبع إلى الآن مع أن كثيراً من الفضلاء والحكماء والإدارات العلمية والمعاهد الحكومية في الشرق والغرب كانوا حريصين على نشره منذ ألف سنة » . وكان نشره بعد مقارنة لفظية بين النسخ السبع مع اعتبار الرابعة منها الموجودة في مكتبة بايزيد بأستانبول أساساً للطبع .

(١) انظر - البيروني ومكانته في تاريخ العلم - المجلة نوفمبر ١٩٥٨ ، مجلة الجمع العلمي المصري ١٩٤٠ ص ١٣٨ .
(٢) القانون المسعودي للبيروني - مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية بحيدر آباد الدكن بالهند ١٩٥٤ م .

ومع أن الكتاب المطبوع في الهند لم يتناول التحقيق اللفظي والعلمي ، إلا أنه أصبح عوناً كبيراً لمن أراد أن يقوم بهذه المهمة ، وقد استعان الكاتب به - إلى جانب المخطوط الموجود في دار الكتب بالقاهرة - لدراسة النظريات الرياضية والفلكية التي نقلها البيروني وناقشها عن سبقه أو التي ابتدعها بنفسه بعد بحث عميق .

والمخطوط الموجود بدار الكتب في القاهرة يقع في ٥٣٦ صفحة من الحجم الكبير (٢٧ × ٣٥ سم) وله قصة عجيبة تستحق التسجيل . فقد تمت كتابته في جمادى الآخرة عام ٦٧٣ هـ - ١٢٧٤ م وقام بنسخه محمد ابن مسعود بن محمد السنجاري المنجم ، وفي عام ١١٥٨ هـ - ١٧٤٤ م اشترى هذا المخطوط الحاجي أحمد بن الحاجي يوسف بن الشيخ عبدالله بن داود آل الشيخ مصلح . وفي عام ١٩١٢ م وقع هذا المخطوط في يد بائع كتب متجول دخل إدارة المطبوعات وعرضه على موظف اسمه (محمد مسعود) الذي أعطاه بطاقة لأبي الفتوح (باشا) وكيل المعارف فاشتراه بتسع وعشرين جنياً . وقد اعتزم أبو الفتوح أن يخاطب صهره إبراهيم نجيب (باشا) مدير ديوان الأوقاف في طبعه ، ولكنه توفي قبل تحقيق غرضه فابتاعته دار الكتب بأربعين جنياً .

وقد سجل هذه القصة في المخطوط نفسه موظف إدارة المطبوعات بمناسبة الصدق الغريبة بين اسم الكتاب نسبة إلى السلطان مسعود واسم الناسخ محمد بن مسعود واسم منقذ الكتاب محمد مسعود .

ويشتمل القانون المسعودي على إحدى عشرة مقالة ، كل منها مقسم إلى عدد من الأبواب تبلغ في مجموعها مائة واثنان وأربعون باباً تغطي جميع الأرصاد والنظريات الفلكية في ذلك الوقت بالإضافة إلى ما توصل إليه علماء الحضارات السابقة والمعاصرون للبيروني ، مع نقد العالم المطلع وتفنيد الآراء دون تحيز أو محاباة . وقد وضع البيروني نصب عينيه ألا يأخذ النظريات والأرصاد

قضية مسلماً بها بل ناقش البراهين والأدلة وأضاف إليها من عندياته وأعاد الأرصاد أكثر من مرة لكي يستوثق من صحة النتائج ، وكان البيروني في كتابه جم التواضع دعا إلى مناقشة آرائه وتصحيح ما يكون قد وقع فيه من زلل . وفي ذلك يقول في مقدمة كتابه :

« ولم أسلك فيه مسلك من تقدمني من أفاضل المجتهدين من طالع أعمالهم واستعمل زيجاتهم^(١) على مطايا التريد إلى قضايا التقليد ، باقتصارهم على الأوضاع الزيجية ، وتعميتهم خير ما زاولوه من عمل ، وطهم عنهم كيفية ما أصالوه من أصل ، حتى أحوجوا المتأخر عنهم في بعضها إلى استئناف التعاليل ، وفي بعضها إلى تكلف الانتقاد والتضليل ، إذ كان خلد فيها كل سهو بدر منهم لسبب انسلاخه عن الحجة ، وقلة اهتداء مستعملها بعدهم إلى المحجة . وإنما فعلت ما هو واجب على كل إنسان أن يعمل في صناعته من تقبل اجتهاد من تقدمه بالثقة ، وتصحيح خلل إن عثر عليه بلا حشمة ، وخاصة فيما يتمتع إدراك صميم الحقيقة فيه من مقادير الحركات وتحليل ما يلوح له فيها تذكرة لمن تأخر عنه بالزمان وأتى بعده ، وقرنت بكل عمل في كل باب من علله ، وذكر ما توليت من عمله ، ما يبعد به المتأمل عن تقليدي فيه ويفتح له باب الاستصواب لما أصبت فيه ، أو الإصلاح لما زلت عنه أو سهوت في حسابه » .

وإلى جانب الناحية الفلكية المباشرة ، نرى البيروني قد خصص بعض أجزاء من كتابه تناول فيها عدة مواضيع تتصل بعلم الفلك من قريب أو بعيد . ففي المقالة الثانية تعرض بصورة موجزة لتواريخ الأنبياء والملوك من عهد سيدنا آدم عليه السلام حتى ملوك عصره وذلك للصلة الوثيقة بينها وبين التقاويم المختلفة والتواريخ المشهورة . ولم يقتصر على سرد الأعياد

(١) الزيج بمعنى الجدول ، والاسم من أصل فارسي هو (زيك) أي السدى الذي ينسج فيه لحمة النسيج - انظر علم الفلك ، تاريخه عند العرب لكارلو تليينو ص ٤٢ .

والمناسبات بل أشار إلى أصلها والأسباب التي جعلت منها عيداً دينياً أو مناسبة مشهورة . ولنضرب لذلك مثلاً حديثه عن أحد أعياد الفرس وهو المسمى بالتركمان أو عيد الاغتسال :

« وفي التركمان تغتسل الفرس وتكنس المطابخ والكوانين ، أما كسرهما فبسبب تخلص الناس من حصار (افراسياب) ، ومضى كل واحد إلى عمله ، ولمثله يطبخون الخنطة مع الفواكه الفجة إذ كانوا غير قادرين على طحن الخنطة . وأما الاغتسال فقالوا أن (كيخسرو) في منصرفه من حرب فراسياب نزل على عين ماء منفرداً عن عسكره فأغشى عليه للتعب ، ووصل إليه (ويجن بن كوزد) ، فرش الماء عليه حتى أفاق وجرى اسم الاغتسال من وقتئذ تبركا » .

وعند ذكر التقاويم والتواريخ ناقش ما حدث من شبهة في تعيين بدايتها ، فأشار إلى التقويم المعروف بتاريخ الإسكندر قائلاً :

« ونقول في تاريخ (الإسكندر) أن الجمهور يعتقدون فيه ظناً أنه محسوب من أول ملكه ، على مثال تاريخ (يزدجرد) من أول سنة قيامه ، ويذكرون في علل الزيجات أن أول السنة التي ملك فيها (الإسكندر) كان يوم الاثنين ، وحين وجدوا (بطليموس) أرخ بعض أرساده بمات (الإسكندر) وكان ذلك التاريخ متقدماً للذي ظنوه لأول ملكه ، ولم يجوز أن يتقدم وقت هلاك شخص ما وقت ملكه ، ظنوه اسكندرا آخر قبل المشهور . بل فاجأهم طامة أخرى ، وهي أن الكلدانيين أرخوا بأول ملكه في بلاد (ايلادا) على ما تبين من النوع السابع من المقالة التاسعة في كتاب المحسطنى إذا قيس ما ذكر فيه إلى تاريخ ممات (الإسكندر) ، فنسبوا ذلك التاريخ إلى والده « فيلفس » كما نسب بعضهم تاريخ مماته إلى « فيلفس » أيضاً ، وإنما أتوا في ذلك من قلة عنايتهم بتاريخ أهل المغرب وأخبار اليونانيين التي لم يخرج منها إلى العربي إلا

قليل . فليعلم لذلك أن « فيلفس » ملك (ماقيدونيا) بعد موت « فراديقوس » الحادى والعشرين من ملوكهم سبع وعشرين سنة ، وولد له ابنه (الإسكندر) من (أولفيديا) على ثمان من ملكه واثنى عشرة من ملك (أرطخشيشث أوكوس) أى (أردشير الأسود) ببابل وملك (الإسكندر) بعد أبيه اثنى عشرة سنة وسبعة أشهر منها ست إلى قتله (داريوش) والباقي فى غزو بلاد المشرق . ولما مات ببابل عند منصرفه ، انقسمت مملكته أثلاثاً ، فصار منها (ماقيدونيا) وما والاها إلى أخيه (فيلفس ايراندلوس) وهو المؤرخ به فى قانون زيچ (ثاؤن) وملكه بعد الخلافة و وفاة (الاسكندر) فى وقت واحد ، وصار مصر الإسكندرية وأرض المغرب إلى البطالسة الذين أولهم (بطليموس بن لاغوس) وصارت سورية وآسيا أعنى الشام والعراق إلى (انطياخوس) باني (انطاكية) . تواريخ هؤلاء من عند ممات الإسكندر . وكان (سولوقس) بتقاطر تشارك (انطياخوس) إلى أن تفرد بالملك عند تمام اثنى عشرة سنة من ملك ابن (لاغوس) ، ومن هناك ابتداء اليونانيون بالتاريخ واشتهر بالإسكندر وإنما هو من السنة الثالثة عشر من مماته » .

من هذه الأمثلة والشواهد ، نرى أن البيرونى لم يسرد التواريخ والأعياد دون روية أو تفكير ، بل ناقش أصولها وأسباب التعارض فى أقوال المؤرخين . والمقالة الثانية من القانون المسعودى حافلة بالأمثلة المشابهة سواء فى أصل الأعياد أو فى تحويل التقاويم المختلفة بعضها إلى البعض .

وفى المواضيع الأخرى المتصلة بعلم الفلك ، أفرد البيرونى المقالة الثالثة للرياضة والقوانين الخاصة وجدول حساب المثلثات التى تعتمد عليها النظريات والأرصاء والحسابات الفلكية^(١) . وحتى فى هذا الموضوع الفرعى

(١) انظر بحثاً للكاتب بعنوان

(Al-Biruni's Astronomical Works)

فى نشرة مرصد حلوان رقم ٤٨ .

ظهر نبوغ البيرونى وعمق أبحاثه وآرائه وتوخى الدقة فى المسائل الرياضية فتوصل إلى قوانين الاستكمال فى صورتها المبسطة والتى نسبت إلى نيوتن وجريجورى بعده بسمائة عام . ولم يكن توصله إلى هذه القوانين من قبيل المصادفة أو التخمين ، بل نتيجة للبحث فى دقة الجداول الرياضية السابقة وطرق استخدامها . فقد وجد أن الفترات المتساوية بين الزوايا لا تقابلها تغيرات متساوية فى النسب المثلثية ، وتأكيداً لهذه الحقيقة أثبت صحتها بالطرق الهندسية . وكان فى ذلك حافز له على البحث عن مخرج للوصول إلى أدق القيم حين استعمال الجداول المثلثية وتعميم ذلك إلى كافة الجداول الرياضية . وقد سلك فى سبيل ذلك مسلكين ، أولهما أخذ فترات صغيرة قدر الإمكان بين قيم المتغير (الزوايا) وعمل جداول على هذا الأساس وقام فعلاً بحساب جداول للجيوب لكل ربع درجة بدلا من الجداول الشائعة حينئذ والتى كانت محسوبة لكل درجة كاملة ، وقد كان يتمنى أن يعملها لكل دقيقة قوسية لولا طول الوقت وكثرة الحسابات ، وهو فى ذلك يقول :

« فلهذا لو لم يتعذر تدقيق العمل لطوله ، لكان تحليل الجيوب إلى دقائق أجزاء القسى أصوب لينتقل التساهل من أجزاء الأجزاء إلى التى لم نستعملها ، وكان الأولى بنا أن نفعله ، لأن مدار أمور هذه الصناعة عليها ، ومرجع الزيجات إليها » وكانت حساباته من الدقة إلى درجة أن جداوله كانت صحيحة إلى الرقم السابع أو الثامن العشرى .

وثانى المسلكين ، تحسين طريقة استعمال هذه الجداول ، وذلك ما أدى به إلى استنباط قانون الاستكمال مقرباً بطريقة هندسية بسيطة ، وكانت فكرته كما يلى معبراً عنها بالاصطلاح الحديث :

إذا زادت قيمة الزاوية من (س) إلى (س + ١)
تغير جيبها من (ج) إلى (ج + ١) ، فإذا زدنا الزاوية فترة أخرى من (س + ١) إلى (س + ١٢) تغير

علماء الهند ٢١. وكان البيروني أول من اعتبر الوحدة قيمة للقطر وبذلك أصبحت الأطوال المطلقة للمقابل هي بعينها النسبة بينه وبين القطر .

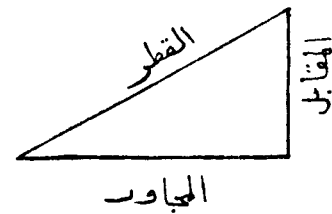
ويجدر بنا في هذا المجال أن نشير إلى طريقة التقريب المتتابع المعروفة للرياضيين في الوقت الحاضر والتي استخدمها البيروني لإيجاد طول وتر في دائرة يقابل زاوية قدرها ٤٠° عند المركز (أى ١/٢ الدورة الكاملة) وكان هدفه إيجاد الأوتار التي تقابل من الدورة الكاملة ثلثها وربعها وخمسها . . . الخ ، وذلك تمهيداً لحساب جداول الجيوب . وقد استنتج قوانين رياضية مبسطة لحساب قيم هذه الأوتار فيما عدا وترى السبع والتسع كما استنتج قوانين لوتر مجموع زاويتين أو الفرق بينهما أو قيمة نصف الزاوية .

بدأ البيروني طريقة التقريب المتتابع فأخذ وترى الخمس والسدس (يقابلان ٧٢° ، ٦٠°) واستخرج وتر الفرق بينهما (وتر ١٢°) ، ومن وتر السدس أيضاً باستعمال قانون التنصيف وصل إلى وتر ٣٠° - ثم استخدم قانون المجموع لإيجاد وتر (٣٠° + ١٢°) أى ٤٢° وذلك قريب من ٤٠° . والخطوة التالية هي تنصيف ٤٢° مرتين ومن ذلك وصل إلى وتر ٣٠° ١٠° فلما أخذه مع وتر ٣٠° حصل على وتر ٤٠° ٣٠° وبذلك اقترب كثيراً من ٤٠° . وبمتابعة نفس هذه الخطوات الأخيرة أمكن الاقتراب قدر الإمكان من وتر ٤٠° المطلوب . ولما اتبع البيروني هذه الطريقة وصل إلى وتر ٤٠ درجة ، صفر دقيقة ، صفر ثانية ، صفر ثالثة ، ٢٤ رابعة .

بعد أربع وستين عملية حسابية لإيجاد الجذر التربيعي ولن نشير إلى طرقه الأخرى التي أوصلته إلى معادلات من الدرجة الثالثة قام بحلها بطريق (المحاولة والخطأ) حتى توصل إلى قيمة صحيحة حتى الرقم السادس العشري .

الجيب من (ج ٢) إلى (ج ٣) ، ومع أن الفترات متساوية (= ١) إلا أن فروق الجيوب (ج ٢ - ج ١) ، (ج ٣ - ج ٢) غير متساوية . فإذا أردنا إيجاد (ج ٣) جيب زاوية (س + ١ + ب) واقعة بين (س + ١) ، (س + ١٢) بالطريقة العادية الشائعة كانت نسبة الجزء (ب) إلى الفترة (١) مساوية لنسبة الزيادة (ج - ج ١) إلى الفرق (ج ٢ - ج ١) ، وذلك غير صحيح كما أثبتنا لأن فروق الجيوب لا تناسب مع فروق الزوايا . ولكن ما حدث في الحقيقة هو أن التغير في الزاوية من (س + ١) إلى (س + ١٢) صاحبه تغير تدريجي في فروق الجيوب (لا في الجيوب نفسها) من (ج ٢ - ج ١) إلى (ج ٣ - ج ٢) وعلى ذلك تكون نسبة الجزء (ب) إلى الفترة (١) مساوية لنسبة فرق الجيوب المناسب (ج - ج ١) إلى الفرق (ج ٣ - ج ٢) - (ج ٢ - ج ١) . وبتعويض فرق الجيوب المناسب الخارج لنا في القانون الشائع نحصل على قيمة أدق لجيب الزاوية المطلوبة .

وفي تلك المقالة أيضاً نرى أن البيروني هو أول من استعمل النسب المثلثية بمعناها الحديث المعروف لنا ، فان الجداول المستخدمة حتى ذلك العصر لم تكن جيوباً أو ظلالات بالمعنى المفهوم ، بل مضروبة في معامل ثابت يختلف باختلاف مصدر الجدول ، وذلك المعامل الثابت قيمته ٢١ طبقاً للنظام الهندي أو ٦٠ طبقاً للنظام الفارسي أو اليوناني . والسبب في ذلك يرجع إلى أن هذه الجداول لم تكن نسباً بين المقابل والقطر مثلاً ، بل



أطوالاً مطلقة للمقابل . فهي إذن تتوقف على قيمة القطر المأخوذة وهي ما اعتبرها اليونان ٦٠ وبعض

ولم يطمئن البيروني لهذا الاختلاف فقرر أن يقوم بأرصاده الخاصة ، وكرر ذلك أربع مرات أولها قبل عام ٣٨٧ هـ أى قبل أن يبلغ الخامسة والعشرين من عمره ثم اضطر إلى الهجرة بعيداً عن بلاده ولما عاد إليها بعد حوالى خمسة عشر عاماً أعاد تلك الأرصاد عام ٤٠٧ هـ ولم يلبث أن انتقل إلى غزنه مع السلطان محمود ابن مسعود حيث أعاد الرصد للمرتين الثالثة والرابعة عامى ٤١٠ ، ٤١١ هـ .

شاب لم يجاوز الخامسة والعشرين من عمره ، أقلق باله تضارب النتائج الفلكية لصفوة العلماء فقرر أن يصنع آلهته الخاصة ويقوم بأرصاده تقضى على حيرته فى اختيار القيمة الحقيقية التى يبنى الاعتماد عليها فى أعماله الفلكية ، ثم لا يكتفى بالرصد مرة واحدة بل يكرره مثنى وثلاث ورباع دون أن تصرفه الحوادث والحروب عن عزمه ولو بعد عشرات السنين فنراه يقول فى كتاب تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن عن رصد هذا الميل :

« وأما أنا فعلى حرصى الشديد على هذه المقاصد ، وإيثارى إياها على سائر المطالب ، كأنى ممنوع عن إثارتها ، غير منتفع بالإمكان والاقتدار فيها . وقد كنت أزمعت تولى الأرصاد فى سنتى أربع وخمس وثمانين وثلاثمائة للهجرة ، وهيات لها دائرة قطرها خمس عشرة ذراعاً مع سائر ما يتبعه وردف هذا اليوم من التشاويش بين كبيرى خوارزم ما أحوج إلى تعطيل ذلك والتحصن ، ثم الاستعانة والاعتراب عن الوطن . ولم يستقر بى بعدها القرار بضع سنين حتى سمح الزمان باجتماع الشمل ، فأكرهت من أحوال الدنيا^(١) على ما حسدنى عليه الجاهل ، وأشفق على فيها الشفيق العاقل . ثم تفرغت للرصد قليل تفرغ فى أيام الأمير الشهيد أبى العباس خوارزم شاه » .

(١) يشير إلى المهام السياسية التى عهد بها إليه الأمير أبو العباس مأمون بن مأمون خوارزم شاه .

وفى المقالة الرابعة التى تحتوى على ٢٦ باباً ناقش البيرونى عدة مسائل ، من بينها إيجاد الزاوية بين مسار الأرض حول الشمس ومستوى خط الإستواء أو بمعنى آخر ميل محور الأرض على مسارها حول الشمس ، وتحويل الاحداثيات السماوية بعضها إلى بعض ، وتعيين الوقت ، وتعيين خطوط الطول والعرض للبلدان . وهو فى مناقشاته ذكر كل الطرق المختلفة التى عولجت بها المواضيع بالإضافة إلى طرقة الخاصة وتحسين السابقة كلها استطاع إلى ذلك سبيلا .

فعندما تناول موضوع ميل محور الأرض ، بدأه بذكر العلاقة بينه وبين ارتفاعات الشمس عند المنقلين الصيفى والشتوى . ثم أردف ذلك بوصف للجهاز المستخدم فى هذه الأرصاد مقارناً فى ذلك بين آلة بطليموس والآلة التى استعملها العرب ومشيراً إلى الحاجة إلى تكبير حجم الحلقة الدائرية المدرجة حتى يمكن تقسيمها إلى أكبر عدد من الأقسام فيكون قياس ارتفاع الشمس بها أقرب إلى الدقة مما لو كانت صغيرة الحجم وأوضح من ناحية أخرى أن تكبير حجمها يؤدى إلى زيادة ضغط أجزائها بعضها على البعض مما ينتج عنه تغير شكلها وانحرافه عن دائرة ، وكيف تغلب القدماء على تلك الصعوبات ببناء حائط رأسى واستعاضتهم عن الحلقة برسم دائرة على ذلك الحائط .

وكعادة البيرونى فى الإشارة إلى أعمال الآخرين ، جمع النتائج التى توصل إليها علماء الفلك فى الهند واليونان والمعاصرون له من العرب وكيف أن هذه النتائج قد اختلفت فيما بينهم . وهو فى تسجيله لهذه النتائج أعطى كل ذى حق حقه ، حتى ولو كان عن طريق السماع وفى ذلك يقول :

« وكعمل أبى محمود الحجندى بالرى ، فانه أوجها دقيقتين وإحدى وعشرين ثانية ، وقد اعترف لى صاحبه شفاهاً بفساد الآلة فى أحد المنقلين » .

الطريقة الثالثة :

نفس الطريقة السابقة مع حساب طول الظل حين تكون الشمس على خط الشرق والغرب بدلا من الشمال والجنوب ومزاياها سرعة تغير طول الظل حوالى ذلك الوقت ولكن الصعوبة فى أن الشمس لا تكون فى هذا الاتجاه إلا فى فترة معينة خلال العام .

الطريقة الرابعة :

يرسم اتجاه الظل فى يوم معين وقت الشروق أو الغروب وبحساب الزاوية بينه وبين خط الشرق والغرب يمكن معرفة هذا الأخير . وهذه الطريقة تحتاج إلى خلاء منبسط لا عوائق فيه تمنع رؤية الشمس وهى على الأفق .

الطريقة الخامسة :

تعتمد على اختيار ارتفاع معين للشمس ثم نقوم بعمل حسابات لطول الظل واتجاهه بالنسبة لخط الشمال والجنوب عندما تبلغ الشمس ذلك الارتفاع ، ثم نرصد الشمس بصفة مستمرة حتى تبلغ ذلك الارتفاع وحينئذ نرسم اتجاه الظل ومنه نعرف خط الشمال والجنوب . وهذه الطريقة فضلا عن حاجتها إلى عدد من العمليات الحسابية ثم الترقب والانتظار حتى لحظة معينة فإنها قد تفشل نتيجة لعوائق جوية كالسحب وغيرها .

الطريقة السادسة :

المعروفة بطريقة الدائرة الهندية ، وهى أن نخط دائرة حول العصا نصف قطرها مساو لضعف طول العصا ، والحكمة فى اختيار هذا الطول هو أن طرف الظل يدخل ويخرج من الدائرة كل يوم على مدار السنة . ثم تحدد على محيط الدائرة نقطة دخول طرف الظل فى الصباح وخروجه بعد الظهر فيكون قطر الدائرة المتوسط بينهما هو اتجاه الشمال والجنوب . والسبب فى ذلك أن طول الظل فى الصباح وبعد الظهر

ولما كانت الأرصاد الفلكية على اختلاف أنواعها

وما يتصل بها من تحديد الأوقات وتعيين اتجاهات أماكن العبادة تعتمد على معرفة الجهات الأصلية ، فقد أفرد باباً خاصاً لتعيين خط نصف النهار (اتجاه الشمال والجنوب) . وذكر سبع طرق مختلفة للوصول إلى ذلك ، مشيراً إلى مزايا ومساوئ كل منها ، وإحدى هذه الطرق من أصل هندى ، ناقشها تم أضاف إليها بعض التحسينات وأخيراً شرح مع البرهان طريقاً هندسياً له يوفر الوقت الذى يقضيه المملكى فى انتظار اللحظات المناسبة للأرصاد :

الطريقة الأولى :

مراقبة ظل عصا رأسية حتى يكون أقصر ما يمكن وحينئذ تكون الشمس فى نصف النهار ويكون اتجاه الظل هو اتجاه الشمال والجنوب . واعتراض البيرونى على ذلك هو أن الشمس قبيل نصف النهار وبعده بقليل لا يحدث تغير يذكر فى ارتفاعها ، ومعنى ذلك أن اتجاه الظل يتغير خلال زاوية كبيرة بينما لا يحدث تغير محسوس لطول الظل .

الطريقة الثانية :

استخدام حساب المثلثات لمعرفة طول الظل عند الظهر تماماً ثم نرسم دائرة حول العصا نصف قطرها مساو لهذا الطول ، ثم نرقب الظل إلى اللحظة التى تمس فيها طرفه محيط الدائرة فتكون هى لحظة الظهر ويكون اتجاه الظل هو الاتجاه المطلوب . وللبيرونى اعتراضان على ذلك ، أولهما نفس الاعتراض على الطريقة الأولى وهو التغير البطيء فى طول الظل حوالى الظهر ، والثانى صعوبة تحديد التماس بين الظل والدائرة وكلاهما ذو سمك يجعل التماس منطقة لها مساحة وليست نقطة محددة .

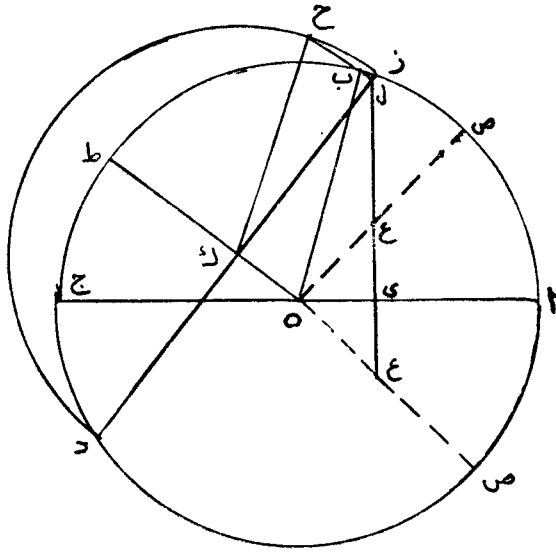
يكونان متساويين إذا تساوى ارتفاعا الشمس في هاتين اللحظتين ، ومعنى ذلك أن بعدها عن اتجاه الشمال والجنوب متساويان فيكون الاتجاه المطلوب إذن وسط بينهما .

للبيروني نفسه لا تحتاج لشيء سوى رصدة واحدة في أى وقت شئنا ومنها ينتج الإتجاه المطلوب بعد سلسلة من الرسومات الهندسية . فإذا كان h هو طول الظل واتجاهه في لحظة ما ، نرسم h بعمودياً عليه ومساو

لطول العصا ، ثم نأخذ الزاويتين ٥١ ط ، ط ٥ ز مساويتين لعرض المكان ، ٩٠ - ت على التوالي حيث (ت) اتجاه الشمس عند الشروق في ذلك اليوم وهو معروف . ثم ننزل ز ح عمودياً على ط ٥ ونرسم ط ٥ ج

ويجدر بنا أن نسجلها هنا دون التعرض للبرهان على صحتها^(١).

نرسم دائرة ا ج ص على الأرض ونعين اتجاه الشمال والجنوب ا ه ج حيث ا اتجاه الجنوب ، ج الشمال ثم نأخذ القوس ج ط مساوياً لعرض بلدنا ونصل ه ط . وكذلك نأخذ القوس ط ز مساوياً ٩٠ - عرض البلد المطلوب اتجاهه . ثم نزل ز ك



عموداً على ه ط ونجعل نقطة ك مركزاً لنصف دائرة ز ح د . وبعد ذلك نأخذ القوس ط ب مساوية ٩٠ - فرق الطول بين البلدين ونصل ب ه ونرسم ك ح موازياً له ثم ح ل عمودياً على ز ك ، ل ي عمودياً على ا ه ج . والآن إذا كان البلد المطلوب شرقياً أخذنا نقطة ع على المستقيم ل ي بحيث يكون ي ع مساوياً ح ل ، وإذا كان غربياً أخذنا ع على امتداد المستقيم ل ي ، ثم نصل ه ع ص فيكون اتجاه البلد المطلوب . أما قياس محيط الأرض فوضع اهتمام العلماء حتى في عصرنا الحالي ، وكان أوائل الباحثين في هذا الأمر علماء الهند واليونان . وقد ذكر البيروني التاريخ الذي

(١) انظر شرح البرهان في بحث للكاتب بعنوان « الأعمال الفلكية للبيروني » في نشرة مرصد حلوان رقم ٥٧ عام ١٩٦٢ .

وخصائص الكرة السماوية في خطوط العرض المختلفة ، ووصف موجز لجغرافية الأرض مع جدول لخطوط الطول والعرض جمع فيه ما يزيد على ستمائة بلد ومكان .

ولإيجاد خطوط الطول أشار إلى استخدام خسوف القمر برصد وقت حدوثه في مكانين أحدهما معلوم الطول ثم ناقش الأسباب في استحالة الاستعانة بكسوف الشمس أو ستر القمر للنجوم . وثمة طريقة أخرى لا تعتمد على الخسوف ولكنها تحتاج إلى معرفة عرضي المكانين حيث يرصد فيهما وقت عبور القمر لاتجاه الشمال والجنوب في ليلة معينة ، وبعد بعض التصحيحات ينتج فرق الطول بين البلدين . أما إذا عرفنا المسافة بين البلدين وعرضيهما فإن الفرق في الطول يمكن حسابه . ولما كان المجال غير متسع أمام البيروني ليتناول مواقع البلدان وتعيينها بشيء من التفصيل في نطاق القانون المسعودي ، فقد أفرد لهذا الموضوع كتاباً كاملاً هو « تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن » شرح فيه جميع الطرق الحسابية والرصدية الممكن استعمالها في هذا الشأن وضرب الأمثلة المختلفة لأن « الأمثلة تكون مرشدة للحاسب ومعينة على الامتحان والتعبير » ومسجلاً النتائج التي أدت إليها أرصاده وأرصاد غيره .

وقد اهتم البيروني بمسألة تعيين اتجاه بلد بالنسبة لبلد آخر لأهمية ذلك في اتجاه المصلين نحو الأماكن المقدسة . وذكر في ذلك طريقتين ، يعتمد أحدهما على الحسابات المثلثية باستخدام قوانين الرياضيات المعروفة ، أما الطريق الثاني فهندسي بحث أو كما أسماه « الطريق الصناعي لمعرفة سمت القبلة وغيرها » لا يحتاج إلى الحسابات المعقدة تسهيلاً للأئمة في البلدان المختلفة في معرفة الاتجاه الصحيح ، كما يسر لهم ولغيرهم من قبل رسم اتجاه الشمال والجنوب بالطرق الهندسية .

العون ، فعدل عن هذا الأمر حتى كان في الهند فوجد جبلا مشرفاً على صحراء مستوية الوجه ، وهناك استخدم طريقة جديدة في قياس محيط الأرض إذ صعد إلى قمة الجبل وقاس زاوية انخفاض ملتقى السماء والأرض عن المستوى الأفقى المار بقمة الجبل ، فاذا عرفنا ارتفاع الجبل أمكن حساب نصف قطر الأرض . وكانت النتيجة التي وصل إليها البيروني قريبة مما ذكرت الغالبية ، فلم يركب مركب الغرور واعترف بالفضل لعلماء المأمون .

« فقد قارب ذلك وجود القوم ، بل لاصقه ، وسكن القلب إلى ما ذكروه فاستعملناه ، إذ كانت آلاتهم أدق ، وتعهم في تحصيله أشد وأشق » .

فاذا إنتقلنا إلى الجانب الجغرافي ، وجدنا البيروني وقد سجل مواقع ما يزيد على ستائة بلد ومكان ، لم ينقلها كما وجدها في كتب الآخرين ، إذ لاحظ اختلافاً في اختيار مبدأ قياس خطوط الطول . فان أهل الصين والهند وفارس بدءوا من جهة المشرق ، أما المصريون والروم والإغريق ، فقد بدءوا من جهة المغرب ، ثم اختلفوا فيما بينهم فأخذ بعضهم البداية من ساحل المحيط الأطلنطي وبعضهم من جزائر السعادة (كانارييس) على بعد عشر درجات من الشاطئ ونتج عن ذلك خلط في كثير من الكتب حاول البيروني أن يتحاشاه في جداوله بمقارنة المسافات وفروق الأطوال الناتجة بالطرق الفلكية « قد أثبت في هذا الباب جداول تضمنت أطوال البلدان وعروضها بعد الاجتهاد في تصحيحها بموجب أوضاع بعضها من وما بينها من المسافات ، لا بالنقل الساذج من الكتب ، فانها فيها مختلطة فاسدة يأخذ بعض أطوال فيها من جزائر السعادة وبعضها من ساحل البحر المحيط » .

وعند وصفه لتضاريس الأرض ومسالك البحار والمحيطات أشار لأول مرة إلى أنه ليس ما يمنع من اتصال المحيط الهندي بالمحيط الأطلنطي جنوب القارة

مرابه هذا الموضوع أيام المأمون بعد ترجمة علوم الحضارتين المذكورتين وتبين التضارب الكبير في النتائج الذي قد يكون مرجعه إلى عدم دقة القياسات أو إلى عدم معرفة العرب للأطوال المستخدمة أو إلى كلاهما . فالمعتقد أن علماء الهند استعملوا وحدة تساوى ثمانية أميال عربية^(١) أما علماء اليونان فقد استخدموا وحدة الاسطاذا في قياساتهم^(٢) ، وأشار البيروني إلى أنه حتى بين علماء الهند نجد اختلافاً كبيراً كما تبين من أهم المراجع الفلكية الخمسة الكبرى عند الهند المسماة بالسدهانتا^(٣) أو كما حرف اسمها فيما بعد إلى السندهند .

ولهذه الأسباب أمر المأمون جماعة من العلماء بقياس محيط الأرض (أو بقياس المسافة التي تقابل درجة واحدة عند مركز الأرض ومنها ينتج كل المحيط) فاختاروا لذلك صحراء سنجار في العراق حيث انقسموا إلى فرقتين قامت إحداهما بالقياسات في اتجاه الشمال والأخرى في اتجاه الجنوب . وقد اختلفت الحكايات بعد ذلك في هل كانت المسافة ٥٦ ميلاً أم ٥٦ ٢/٣ ميل كما ذكر معظم المؤرخين . « وهو موضع تحير باعث على تجديد الامتحان والرصد . ومن لى به ؟ وهو محتاج إلى اقتدار بسبب الانبساط في المكان ، والاحتباس من غوائل المنتشرين فيه » .

وعلى الرغم من ذلك فقد اختار البيروني قاعاً صفصفاً في شمال دهستان التي بأرض جرجان ، ولكنه عجز عن اجتياز المفاوز المتعبة فضلاً عن الحاجة إلى

(١) الميل العربي أربعة آلاف ذراع سوداء ، والذراع ٢٤ أصباً أو شبران . وقد اختلفت الآراء في طول الذراع ، ولكن يكاد يتفق المستشرق الإيطالي كارلوريلينو مع محمود (باشا) الفلكي في أن طوله حوالي ٤٩,٣ سم (انظر - علم الفلك ، تاريخه عند العرب في القرون الوسطى لكارلوريلينو ص ٢٢٨) .

(٢) اختلف العلماء أيضاً في مقدار طوله (انظر كارلوريلينو ص ٢٧٣) .

(٣) أقدم الأعمال الفلكية وأهمها عند الهند ، وهي خمسة مراجع لم يحدد تاريخها .

الإفريقية وهو عكس ما كان شائعاً في ذلك الوقت . ثم دلت على ذلك بالعثور على ألواح مراكب مخروزة عند مضيق جبل طارق ومصدرها هو المحيط الهندي وليس المحيط الأطلنطي لأن المراكب في هذا الأخير تسمر بالحديد ولا تخاط .

ولا يسعنا في هذا المجال إلا أن ننقل لحظة إلى كتابه « تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن » لنسجل ناحية تاريخية تهمنا ، أشار إليها البيروني ، وهي عن . . . قناة السويس ، فيقول :

« وحين كانت أرض مصر بجزراً ، حرص ملوك الفرس في بعض استيلائهم على مصر على أن يحفروا من القلزم (البحر الأحمر) إليها ، ويرفعوا البرزخ عما بين البحرين ، حتى يمكن المركب أن يسير من البحر المحيط في المغرب (المحيط الهندي) إليه بالمشرق (الأطلنطي) كل ذلك ارتفاقاً وطلب تعميم المصلحة . وكان أولهم سطرطس الملك^(١) ثم داريوش^(٢) ، وحفروا مسافة مديدة هي باقية الآن ، يدخلها ماء القلزم بالمد ويخرج بالجزر . فلما قاسوا ارتفاع ماء القلزم ، أمسكوا عما راموه خوفاً أن يفسد القلزم نهر مصر لإشرافه عليه . ثم تمه بطليموس الثالث^(٣) على يد أرشמידس بحيث حصل الغرض بلا ضرر ، وطمه بعد ذلك أحد ملوك الروم منعاً للفرس عن ورود مصر منه » .

نعود ثانية إلى القانون المسعودي لنتابع أعمال البيروني في القلزم فنجد قد خصص باباً لمعرفة أوقات الاعتدالين الربيعي والخريفي والمنقلبين الصيفي والشتوي

(١) سنوسرت الثالث (١٨٨٧ - ١٨٤٩ ق. م) - انظر : في موكب الشمس للدكتور أحمد بدوي ج ٢ ص ١٣٧ ، ١٤٠ ، ١٣٩ .

(٢) ملك الفرس من سلالة الأخمينيين (٥٢٢ - ٤٨٦ ق. م) انظر تحديد نهايات الأماكن للبيروني تحقيق الدكتور ب. بولجاكوف مجلة معهد المخطوطات العربية ، المجلد الثامن ، الجزء الأول والثاني ص ٤٩ .

(٣) ملك مصر بين ٢٤٦ ، ٢٤١ ق. م .

عن طريق الأرصاد فبدأ بوصف الآلة التي استخدمها بطليموس لرصد الاعتدالين ، وهي عبارة عن حلقة تنصب مائلة بزاوية معينة « والعمل بها متعب مشكك وخاصة عند اتفاق الاعتدال ليلاً » ثم وصف آلة قام بصنعها على هيئة نصف كرة يرتكز مقطعها على أرض ملساء وشرح طريقة استعمالها والحسابات التي منها ينتج المطلوب وضرب لذلك أمثلة بأرصاده التي قام بها . ثم جمع أرصاد وقت الاعتدال الخريفي في جدول من أيام هيبارخوس في القرن الثاني قبل الميلاد حتى أيامه في القرن الحادي عشر الميلادي ، ولما كانت هذه الأرصاد قد أجريت في بلدان مختلفة فقد حول أوقاتها إلى توقيت غزنة حتى تسهل المقارنة بينها .

ومن أهم الأبحاث الفلكية للبيروني ما كتبه عن حركة أوج الشمس وهو أبعد المواقع السنوية بين الشمس والأرض . فقد كان المعتقد أن هذا الموقع ثابت في الفضاء اقتناعاً برأى بطليموس في القرن الثاني الميلادي في عدم وجود أي اختلاف بين الموقع في أيامه وبينه في أيام هيبارخوس . أما من رصد الأوج بعد بطليموس ووجده مختلفاً فقد أرجع ذلك إلى الأرصاد نفسها إذ أن أي خطأ طفيفاً فيها ينتج عنه تغيراً كبيراً في موقع الأوج المحسوب . وقد حلل البيروني جميع هذه الأرصاد المختلفة كما قام بأرصاده الخاصة وأثبت قطعاً أن الأوج متحرك ، وإن كان المؤرخون^(١) يرجعون هذا الإثبات إلى الزرقل^(٢) ، ولكن هذا الأخير ولد عام ١٠٢٩ م أي عندما قارب البيروني على الانتهاء من كتابة القانون المسعودي وإن كان للزرقل شرف الوصول إلى أدق نتيجة عرفت حتى ذلك العهد عن مقدار هذه الحركة . ومن المعروف أن دقة النتيجة

(١) Introduction to the History of Science, G. Sarton, Vol. I, page 758.

(٢) أبو اسحق إبراهيم بن يحيى النقاش الشهير بالزرقل من فلكي الأندلس (١٠٢٩ - ١٠٨٧ م) .

تعتمد على مقارنة رصدتين بينهما أطول مدة ممكنة^(١) ،
فاذا صغرت المدة أو كانت إحدى الرصدتين غير
موثوق بها أدى ذلك إلى خطأ كبير .

ويحتوى القانون المسعودى على كثير من المواضيع
الفلكية الأخرى والجداول الهامة التى يحتاج إليها علماء
الفلك فى حساباتهم . فمن المسائل الخاصة بالشمس حركتها
السنية الظاهرية حول الأرض (كان الاعتقاد أنها
حركة حقيقية وليست ظاهرة) ، فقد اتضح من
الدراسات أن سرعة الشمس فى هذا المسار غير ثابتة
بل تسرع أحياناً وتبطئ أحياناً كما أن الحجم الظاهرى
لقرص الشمس يتغير من وقت لآخر ، وكان تفسير
ذلك بفرض المسار دائرة ولكن الأرض لا تقع فى
مركزها ، فاذا كانت الحركة منتظمة بالنسبة للمركز
فإنها لا تكون كذلك بالنسبة للأرض . أما السرعة
المتوسطة للشمس فهذه تنتج من قياس طول السنة الذى
هو الفترة بين حلول الشمس فى نقطة من المسار وبين
عودتها إلى تلك النقطة . وفى حديثه عن ذلك انتقل
البيرونى إلى علم الطبيعة وتمدد المعادن بالحرارة وانكماشها
بالبرودة وفى ذلك يقول :

« وعلى هذا عملوا كما عملنا نحن ، وإن كان عملنا
للتوطيد . ولا بد من وقوع التسهل فى أمثال هذا الرصد
بسبب صغر الآلات إذا قيست إلى عظم ما يقاس بها ،
وبسبب التغيرات التى وقوعها ضرورى فى الأشياء
الطبيعية ، لازم إياها لا يفارقها ، كالامتداد العارض
فى الحلقات من ثقلها إذا أفرط فى تعظيمها حتى يستطيل
له ويعرض . أما الاستطالة ففى السمك إذا علقت ،
وأما الانبطاح ففى العرض إذا نصبت ، وبسبب
ما يلحقها من أمثال ذلك عند تغير الكيفيات فى المواد .

(١) نقطة الأوج تتحرك ١١,٨'' كل سنة أى درجة واحدة
كل ٣٠٥ سنة .

وقد كان المأمون تولى نصب عمود من حديد أدى
أذرعته على عشر بدير مران من دمشق ، وسواه فى
صدر النهار ثم قاسه بالمساء فوجده متغيراً عن نصبته قدر
طول شعيرة بتأثير برودة الليل فيه .

وذكر البيرونى أنه لتفادى الأخطاء فى قياس طول
السنة ، يرصد وقت حلول الشمس هذه النقطة المعينة
مرتين بينهما عدد كبير من السنين :

« فان الزمان فيما بين الرصدتين مهما طال وامتد ،
توزع الخلل الواقع فى العمل عليه ، وصغر قدره فى
أجزائه حتى يجاوز ما يستعمل من أجزاء الحركة إلى
ما لا يستعمل منها . وعمر الإنسان وإن طال ، بل أعمار
عدة قرون متوالية تقصر عن مقدار الحاجة إلى ذلك .
فلأجله يمتنع استبداد المرء فى هذا الباب بالعمل ،
ويضطر فيه إلى قيام شخصين على طرفى تلك المدة
الطويلة ، يتقدم أحدهما ويتأخر الآخر فيقلده » .

وقد قارن أرصاده بأرصاد ميطن واقطين^(١)
وبأرصاد أرسطرخس^(٢) ثم رصدتين لبطليموس فخرحت
له أربع نتائج مختلفة هى على التوالى ٣٦٥,٢٤٢٦ ،
٣٦٥,٢٤٢١ ، ٣٦٥,٢٣٩٨ ، ٣٦٥,٢٤٠٨ يوماً^(٣)
كما قارن أرصاد هؤلاء بعضها ببعض فوجد أيضاً
اختلافاً فى النتائج . وقد أرجع ذلك إلى تخالط فى
التواريخ « كاستعمال الشهور فى غير سنها ، واستعمال
شهور مختلفة لأمم متباينة ، إن كان حينئذ أمرها له

(١) من علماء اليونان فى القرن الخامس قبل الميلاد

Introduction to the History of Science, Sar-
ton, Vol. I, p. 94.

(٢) القرن الثالث قبل الميلاد

Introduction to the History of Science, Sar-
ton, Vol. I, p. 156.

(٣) القيمة الحقيقية ٣٦٥,٢٤٢٢ يوماً .

معلوماً فإنه خفى علينا مجهول » . والمصدر الذى استقى منه البيرونى معلوماته عن الأرصاد وتواريخها هو كتاب المحسطى لبطليموس . وقد دلت على اختلاط التواريخ فى المحسطى بضرب أمثلة عديدة من هذا الكتاب .

وفى معرض الحديث عن القمر ، تناول بالتفصيل شرح مسيره المختلف والمستوى أى الناتج من السرعة الحقيقية غير المنتظمة وعن السرعة النظرية المتوسطة ، وقد افترض فى شرحه أن مستوى مسار القمر حول الأرض ينطبق على مستوى مسار الأرض حول الشمس مع أنه فى الحقيقة مائل عليه بزاوية معينة . وقد علل أسباب هذا التقريب بإمكان الوصول عن طريقه إلى المعلومات الصحيحة باستخدام طريقة التقريب المتتابع :

« فليعلم أن أحوال القمر ، بل جميع المتحركات العلوية (الكواكب) لا يستطيع ادراكها دفعة ، وإنما يتغير على شئ منها ، فيوجد أولها بالجليل من الأمر والتقريب من الحق ، ويتدرج منه إلى الثانى على مثال تلك الحالة ، ثم يعاد به إلى الأول فليعمل ثانية ليدق ويتناول الثانى شيئاً من تلك الدقة . ويتدرج بهما إلى الثالث ثم يرجع منه كذلك إلى المبدأ ولا يزال يفعل ذلك . وهذا ما فى وسع المجتهد » .

ثم يشير إلى زاوية الميل هذه - أو أعظم عروض القمر - فيسجل وجود اختلاف بين الآراء وعدم سنوح الفرصة له كى يتعرف على الحقيقة :

« ولم يقع على أعظم عروض القمر اتفاق إلى الآن ، فإن الهند مطبقون فيه أنه أربعة أجزاء ونصف جزء ($4\frac{1}{2}$) ، وبطليموس يذكر أنه وجده خمسة أجزاء . وهو فى زيچ جيش الحاسب أربعة أجزاء ونصف وسدس وعشر ($4\frac{1}{6}$) واستناده فى جميع أعماله

إلى أرصاد بنى موسى^(١) . ولم يتفق لى فيه أدنى شئ يستعان به على تعرف الحال » .

ومع أنه اعترض على بطليموس فى كثير من آرائه وأرصاده ، إلا أنه لم يتوان فى أن يأخذ برأيه إذا اقتنع بصحته ، ومن ذلك زاوية الميل هذه التى وجد بعد المناقشة أن « رأى بطليموس فيه أولى بالاتباع » .

ومن المواضيع الأخرى المتصلة بالقمر والشمس التى تناولها البيرونى فى شئ من التفصيل ، نجد الاختلاف بين مواقع القمر المرصودة من سطح الأرض وبين المواقع المثبتة فى الجداول والمنسوبة إلى مركز الأرض ، وموضوع كسوف الشمس وكسوف القمر والفرق بينهما ووصف أنواعهما المختلفة وحساب أوقاتها ومقدار الجزء المنكسف وموضعه . كما فسر أسباب ظهور الفجر قبل شروق الشمس باستئثار الغلاف الجوى وبالمثل شفق ما بعد الغروب وأوقاتها . وفى إمكان رؤية الهلال شرح الأسباب التى تمنع رؤيته حتى مع وجوده فوق الأفق ، ثم أوضح بالطريق الهندسى الحدود النسبية بين القمر والشمس التى عليها تعتمد ظروف رؤية الهلال ما لم تتدخل العوامل الجوية .

وعند الحديث عن النجوم (الكواكب الثابتة) أوضح الفرق بينها وبين الكواكب (الكواكب السيارة) وأسباب تسمية النجوم بالكواكب الثابتة ، وهنا يذكر أن الفرق المألوف بينهما راجع إلى حركة الكواكب فى مساراتها وتغير مواقعها فى السماء بالنسبة للنجوم وبعضها البعض ، أما الفارق المعروف لنا حالياً عن كون الكواكب أجسام مظلمة تستمد ضوءها من الشمس فلم

(١) أبناء موسى بن شاعر الثلاثة أيام المأمون وهم محمد وأحمد وحسن ، أدلوا بقسط كبير فى الرياضة والفلك وأنفقوا معظم ثروتهم فى سبيل العلم .

يكن شيئاً مؤكداً في ذلك العصر ، فعند حديثه عن الكسوف في موضع متقدم قال :

« فأما الكواكب ، فلما لم تطرد فيها الدلائل الموجبة للقمر شكله الكرى ، تلونت آراء المجتهدين في أنوارها فمنهم من أضافها إلى مماثلة الشمس في الاستنارة بنفسها ، ومنهم من رأى إضافتها إلى مماثلة القمر في قبول النور من غيره » .

وسجل البيروني أعمال العرب في مجال النجوم ، فعند تقسيم النجوم حسب أقدارها (درجة لمعانها) أشار إلى جداول بطليموس المحتوية على النجوم وأقدارها وإلى توسط بعض النجوم بين قدر وآخر حتى أن أبو الحسين الصوفي^(١) في جداوله نقلها من مرتبة إلى أخرى . ولعل تلك أول فكرة في تقسيم الأقدار الصحيحة إلى كسور وهو المعمول به في الوقت الحاضر أما عن ثبات النجوم في السماء وعدم وجود حركة لها خلاف الشروق والغروب — وهو أمر بعيد عن الصحة كما ثبت من الدراسات الدقيقة في العصور الحديثة — فقد أشار إلى اكتشاف العرب للحركة الثانية عندما قال :

« قيل فيها أنها كلها متحركة نحو التوالى بحركة واحدة شرقية على مثال تحركها جملة بالحركة الغربية ، وأى شيء أظهر فيها من وجود إبرخس قلب الأسد^(٢) متقدماً للدائرة المارة على الأقطاب الأربعة^(٣) إلى خلاف التوالى بسدس جزء (١٠°) ، وكونه الآن مجاوزاً إياها إلى التوالى بأكثر من نصف برج (١٥°) . فظاهر

(١) أبو الحسين عبد الرحمن بن عمر الصوفي الرازي (٩٠٣ - ٩٨٦ م) .

(٢) ألمع نجم في كوكبة الأسد .

(٣) قطبي محور الأرض وقطبي فلك البروج (مسار الأرض حول الشمس) .

أنه متحرك ، إلا أن شكله (أى وضعه) من سائر الكواكب (الكواكب الثابتة أى النجوم) باق على حاله ، فكلها إذن متحركة حركة مشابهة لحركته » .

ويستطرد بعد ذلك فيبرهن أن هذه الحركة للنجوم على محور فلك البروج Ecliptic ويبحث تأثير وجود هذه الحركة على خصائص النجم كالشروق والغروب وموقعه بالنسبة للنجم القطبي ولنقطة الاعتدال ، ولم ينس هذا التأثير عندما وضع جداوله لمواقع النجوم حيث جمع ١٠٢٩ نجماً وصف مكان كل منها في كوكبته وأعطى موقعه إلى أقرب دقيقة قوسية ، وقدره كما رآه بطليموس والصوفي . أما التصحيح الذى أضافه فكان للموقع :

« قد أثبت في هذه الجداول ما في كتاب المحسنى (كتاب بطليموس) من مواضع الكواكب بزيادة ثلاث عشرة درجة على أطوالها لما تقدم ذكره ، بعد العناية الصادقة بتصحيحها من عدة نسخ وتراجم مختلفة ثم إلحاق ما وجب إلحاقه بها بعد تصديره مثلها ، والاجتهاد في تقويم ما عثر أبو الحسين ابن الصوفي على اختلال منه ، بعد استنكار أمره ، والتعجب من قلة اهتزازه لتولى تصحيح ذلك » .

وأنهى حديثه عن النجوم بذكر منازل القمر ونجومها طبقاً لرأى العرب والهند ، كما قارن بين هدف كل منهما في دراسة تلك المنازل ، فالهند استعملتها بقصد التنجيم والتنبؤ بالحوادث بينما اهتم بها العرب ليربطوا بينها وبين أحوال السنة وفصولها وما يحدث فيها من تغير في أحوال الجو وغيره :

وبعد النجوم جاء ذكر الكواكب ، فأعطى شرحاً هندسياً لحركاتها ، وفسر مع البرهان أسباب حركتها

أدل على سخطه على المنجمين ما ذكره في بداية هذه المقالة :

« هذه الصناعة^(١) التي قصر الكتاب عليها ، على استغنائها بذاتها لنفاة قدرها في نفسها ، لا تكاد تميل إليها القلوب التي لا تتصور كيفية اللذة إلا في مقدمات الآلام الجسمانية ، ولا النفع إلا في الأمور الدنياوية . وإذا لم ترغب فيها رغبت عنها وعافتها ، فعادتها وأهلها . ولهذا السبب رجز القدماء أكوان العالم بقضاياها ، وطرقوا إلى تقديم المعرفة بها من تأثيراتها طرقاً ، أشبهت شيئاً من الإقناع ، وفننو عليها صناعة الأحكام^(٢) .

(١) يقصد بذلك علم الفلك الحقيقي .

(٢) يقصد بذلك التنجيم .

المستقيمة والإقامة والرجوع العارض^(١) واختتم ذلك باقتران كل كوكبين أى باجتماعهما في جزء واحد من فلك البروج ثم شروط حجب أحدها للآخر وحجب القمر لسائر الكواكب .

ولم يكن البيروني ممن يؤمنون بالتنجيم ، ومع ذلك فقد اختص المقالة الأخيرة من القانون المسعودي بالحديث عنه ، ولكنه تناوله من الناحية الرياضية وطرق الحسابات الفلكية البحتة التي يحتاجها المنجمون . وليس

(١) نتيجة لحركة الأرض حول الشمس وحركة الكوكب في نفس الوقت نشاهده وقد سار في مداره العادي ثم إذا به يقف عن الحركة وبعد ذلك يتراجع إلى الخلف .

